

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

340100886 US

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 6月 4日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-167609

出 願 人

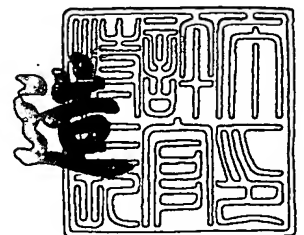
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2001年11月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 K01008861A

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 10/12

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町 2 1 6 番地 株式会社日立
製作所 通信事業部内

【氏名】 宇田 哲也

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町 2 1 6 番地 株式会社日立
製作所 通信事業部内

【氏名】 増田 宏

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町 2 1 6 番地 株式会社日立
製作所 通信事業部内

【氏名】 中野 博文

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町 2 1 6 番地 株式会社日立
製作所 通信事業部内

【氏名】 宮坂 英太

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町 2 1 6 番地 株式会社日立
製作所 通信事業部内

【氏名】 浅水 仁

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長間レベル偏差や光 S N 偏差を補償する光伝送装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光ファイバを用いて波長分割多重伝送を行う光伝送装置であって、光ファイバを用いた光伝送路の入力端における光出力強度を調整することによって、当該光伝送路の受信端における信号光強度や信号対雑音比の信号間偏差を補償することを特徴とする前記光伝送装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の光伝送装置であって、光アンプ出力部にトータル光出力強度調整機能と増幅帯域内の波長間利得偏差を可変できる機能をもつことを特徴とする前記光伝送装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の光伝送装置であって、光アンプ出力部にトータル光出力強度モニタ機能とプローブ光出力強度モニタ機能を備え、これらから平均光出力強度、増幅帯域内の波長間利得偏差を観測できることを特徴とする前記光伝送装置。

【請求項 4】

請求項 2 記載の光伝送装置であって、光アンプ出力部にトータル光出力強度モニタ機能とプローブ光出力強度モニタ機能を備え、これらから平均光出力強度、増幅帯域内の波長間利得偏差を観測でき、光アンプ入力部にトータル光入力強度モニタ機能とプローブ光入力強度モニタ機能を備え、これらから平均光入力強度、光アンプに入力される帯域内の波長間利得偏差を観測できることを特徴とする前記光伝送装置。

【請求項 5】

請求項 3 記載の光伝送装置であって、波長間利得偏差を制御することにより波長間の信号光強度偏差を補償することを特徴とする前記光伝送装置。

【請求項 6】

請求項 4 記載の光伝送装置であって、波長間利得偏差と増幅帯域内のトータル光出力強度を制御することにより波長間の信号光強度偏差と波長間信号対雑音比

を補償することを特徴とする前記光伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバを用いた多中継波長多重光伝送システムで生じる光伝送特性の波長依存偏差のうち、実際に敷設されている伝送路のスパン損失のばらつきに起因する光アンプの波長間利得偏差や誘導ラマン散乱に起因する波長間信号レベル偏差を等化する方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

光伝送システムの大容量化の手段として、波長の異なる複数の光信号を一本の光ファイバを用いて伝送する波長多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) 伝送システムが実用化されている。また、エルビウム添加ファイバ増幅器 (EDFA) 等の光ファイバアンプ (以下、光アンプ) は広い波長範囲に対して一括に増幅し得る特性を持つ。

【 0 0 0 3 】

このため、WDMと光アンプとを組み合わせることにより、波長の異なる複数の光信号を一括して増幅するので、簡素な構成で、経済的、大容量かつ長距離伝送が実現可能である。

【 0 0 0 4 】

長距離化の手段として、光アンプの多段接続を行い実用化されている。しかし、実際の伝送路では、光アンプが設置される場所は各スパン毎に異なるため、スパン毎の伝送損失が異なるのが通常である。そのため、光アンプへの入力レベルが光アンプ毎に異なるため、各光アンプでは波長間利得偏差が発生する。

【 0 0 0 5 】

このような利得偏差は多段接続されている光アンプで積算され、長距離伝送後の受信器では大きな利得偏差となって現われ、受信器の受信ダイナミックレンジを逸脱するおそれがあり、受信不可能となる可能性がある。また、伝送途中の光レベルも波長間で異なるため、波長毎に違った非線型効果を受けるため、波長毎

の波形にばらつきが生じる。

【 0 0 0 6 】

一般的に、長距離化を実現するWDM光増幅伝送方式ではファイバへの光入力レベルが高くなるため、非線型効果という伝送特性を劣化させる問題が顕在化することが懸念されている。そのような非線形効果の一つに誘導ラマン散乱（SRS: Stimulated Raman Scattering）による過剰損失、過剰利得の問題がある。

【 0 0 0 7 】

SRSは非線型光学過程であり、光ファイバへの入力信号の一部が励起光として作用し、ファイバ中のより低周波数側の信号光と相互作用することにより、高周波数側の信号光から低周波数側の信号光へとエネルギーが移動する。SRSは全ての光ファイバで発生し、その強さは光ファイバの種類や、前述のエネルギーが移動する光信号間の周波数差にのみ依存する。

【 0 0 0 8 】

また、エネルギーの移動は、全光出力強度の和に比例して大きいものとなるので、WDM装置に収容される波長数が多く、収容される帯域が広いほど、移動するエネルギーが増加するため、影響が顕著に現れる。さらに、伝送距離が長くなるほど、現れる影響は一層顕著になる。そのため、SRSの影響下でのWDM伝送において、伝送中に波長間信号レベル偏差が発生し中継光アンプへの入力が波長毎に異なり、この結果、光信号対雑音比（OSNR）が波長毎に異なるといった問題が生じる。

【 0 0 0 9 】

また、波長間利得偏差による影響と同様、ファイバ伝送中の光出力強度も波長毎に異なるため、受信波形は、自己位相変調や波長分散、周波数チャープと結合することにより波長毎に異なった波形歪みや伝送エラーを生じ、波長毎に伝送距離が異なるといった問題が生じる。

【 0 0 1 0 】

以前のWDM装置運用稼動状態は、収容される光信号の波長数や帯域が比較的小なかったため、波長間利得偏差やSRSによる波長間信号レベル偏差の影響も

それほど大きくなかった。しかし、近年の通信トラフィックの増大に従い、WDM装置に対しても超長距離化、収容波長数の増加、および収容帯域の拡大が要求されるようになった。このため、波長間利得偏差やSRSによる影響が軽視できないようになり、WDM装置において設計当初の想定収容波長を全て収容するとSRSによる影響が増大し、伝送不可能な状態になることが近年学会等で報告されるようになってきた。

【 0 0 1 1 】

従来、WDM装置を用いた伝送システムでは、搭載される光アンプの利得偏差（ゲインチルト）や伝送路の損失波長依存性などによる影響については考慮されているものもあった。例えば、特開平 8 - 2 2 3 1 3 6 に記載されている光アンプで発生する利得偏差を抑圧し最小のOSNRを得る方法や、特開平 1 1 - 5 5 1 8 2 に記載されている受信端での光信号レベルの偏差とOSNRを最小にする方法などである。

【 0 0 1 2 】

これらの発明は、伝送路の伝送損失がスパン毎に同じ損失値を持つ場合や光アンプに入力される光信号が、波長数増加や減少に伴って、伝送損失や光アンプ利得偏差などが変動しない場合は有効である。しかし、伝送路の伝送損失がスパン毎に異なる場合やSRS等により光ファイバに収容される波長数および波長帯域によって、光出力強度が異なる場合については考慮されていない。

【 0 0 1 3 】

また、特開 2 0 0 0 - 1 8 3 8 1 8 では、送信側の各光波長信号強度を調整すること（プリエンファシス）によって、受信側でのOSNRを一定にする方法が提案されている。しかし、収容する波長数や帯域によっては、発生する信号レベル偏差は極めて大きくなり、プリエンファシスで補償しうるレベル偏差を超過することも考えられる。

【 0 0 1 4 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、波長分割多重伝送において、光信号の受信端におけるOSNRの信号間偏差を補償する光伝送装置を提供することにある。このような偏差の

発生要因として幾つかの要因が考えられるが、本発明では特に各スパン毎の伝送損失が異なることにより各光アンプで発生する波長間利得偏差、光信号がファイバ伝送中に受ける誘導ラマン散乱による波長間レベル偏差を補償する光伝送装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】

本発明は、波長分割多重伝送を行う光伝送装置において、光信号の受信端におけるOSNRの波長間偏差を補償するため、特に各スパン毎の伝送損失が異なることによる波長間利得偏差や光信号がファイバ伝送中に受ける誘導ラマン散乱による波長間レベル偏差の2点に起因するものに着目してこれを補償する。

【0016】

このため各光アンプには、出力されるトータル出力光強度とその増幅帯域内に含まれるプローブ光信号強度を別々にモニタし、さらにその増幅帯域のトータル出力光強度と、その増幅帯域内の出力強度の波長に対する偏差（利得傾斜）とを同時に可変制御可能である機能を持たせた。さらに、受信されるトータル入力光強度とその受信帯域内に含まれるある信号波長のプローブ光信号強度を別々に観測し、受信帯域内の入力強度の波長に対する偏差をも観測可能である機能を持たせた。

【0017】

【発明の実施の形態】

図1は、前述のスパン毎の伝送損失が異なることにより各光アンプで発生する波長間利得偏差を説明するための図である。光送信器101から送信された波長多重信号はプリアンプ103で増幅された後、光ファイバ400に送信される。光ファイバ400を伝送することにより損失を受けた光信号はラインアンプ203にて増幅され、再び光ファイバ400に送信される。複数の光ファイバを伝送した後、ポストアンプ303で増幅され、光受信器307で受信される。

【0018】

ここで、同図に示した各光アンプの下側には、その地点における光信号のスペクトルを示している。なお、それらの横軸は波長、縦軸は波長多重されている光

信号のスペクトルである。

図1に示すように、実際の長距離多中継伝送時には各スパン毎に距離が異なるため、通常伝送損失はスパン毎に異なる。出力強度一定制御を行った光アンプでは、波長間利得偏差がゼロとなる入力光強度はある一つの光強度、例えば-5.5 dBmと規定されるため実際の伝送路において、平均光出力強度は各スパン毎に同じであるが、各波長間で利得偏差が発生する問題が有る。

【0019】

図2は、前述のSRSによる波長間レベル偏差による影響を説明するための図である。横軸は波長、縦軸は波長多重されている光信号強度のスペクトル（出力レベル）を示している。ここで、B、R、L1、L2で示すそれぞれの波長帯は例えば、1530nm～1545nm、1545nm～1560nm、1560nm～1575nm、1575nm～1590nmである。

【0020】

図2(a)に示すように、WDM伝送時にファイバ入力端において、全ての波長帯（B、R、L1、L2）に渡って一定の光出力強度を維持したとしても、ファイバ出力端での光出力強度は波長毎に異なり、図1(b)に示すように短波長側ほど低く、かつ長波長側ほど高くなる。これは前述のように、短波長側の信号から長波長側の信号へとエネルギーが移動するためである。

【0021】

図3は本発明の実施例における波長分割多重光伝送システムの基本的な装置構成である。図3において100は送信端局、200は中継局、300は受信端局を、また400は光ファイバ伝送路を示す。500はシステム全体の監視や制御を行うため、別途設けられた監視制御装置である。本構成では、前述した4つの波長帯域毎（1530nm～1545nm、1545nm～1560nm、1560nm～1575nm、1575nm～1590nm）に別個の光アンプで増幅しており、それぞれBバンド、Rバンド、L1バンド、L2バンドと称する。また、各光アンプには、いずれもn個の別波長の光信号が多重されて入力するものとする。

【0022】

送信端局100の光送信器101(1)～101(n)は、それぞれBバンド内の異なる波長にて光信号を送出する。送出された光信号は波長合波器102(1)にて波長多重された後、プリアンプ103(1)にて増幅され、波長合波器104へ入力される。

【0023】

同様にして、光送信器101(n+1)～(2n)から送出されたRバンドの波長信号光は波長合波器102(2)、プリアンプ103(2)にて、また、光送信器101(2n+1)～(3n)から送出されたL1バンドの波長信号光は波長合波器102(3)、プリアンプ103(3)にて、そして、L2バンドの波長信号光は波長合波器102(4)、プリアンプ103(4)にて波長多重および光増幅がなされる。波長合波器104では各プリアンプ103(1)～(4)から送出された光信号を波長多重して、光ファイバ伝送路400(1)へ送出する。

【0024】

中継局200では、入力した波長多重光を波長分波器205にて、前記の4つの帯域(B、R、L1、L2)へ分波し、各ラインアンプ203(1)～(4)で、帯域毎に光ファイバ400(1)における伝送損失を補償すべく光増幅する。増幅後の光信号は波長合波器204にて再度波長多重され、光ファイバ伝送路400(2)へ送出される。図3では省略してあるが、この後、複数の中継局にて同様に光増幅された後、最終スパンの光ファイバ400(k-1)を経て、多重光信号は受信端局300へ到達する。

【0025】

受信端局300では、入力した波長多重光を波長分波器305にて前記の4つの帯域(B、R、L1、L2)へ分波した後、各ポストアンプ303(1)～(4)でそれらの帯域毎に光増幅する。増幅された光信号は、各光分波器306(1)～(4)にて個々の光波長信号へ分波された後、各々光受信器307にて受信される。

【0026】

図7は、光アンプ700から出力されるトータル出力光強度715とその増幅

帯域内に含まれるある信号波長の出力プローブ光信号強度 7 1 4 を別々にモニタし、さらにその増幅帯域のトータル出力光強度と、その増幅帯域内の出力強度の波長に対する偏差（利得傾斜）とを同時に可変制御可能である機能を説明する図である。

【 0 0 2 7 】

光アンプ 7 0 0 は、光入力信号 7 0 5 を増幅して光出力信号 7 0 6 として出力するアンプ 7 0 1、アンプ 7 0 1 の出力強度を制御する出力レベル制御部 7 0 3、アンプ 7 0 1 の利得傾斜を制御する利得傾斜制御部 7 1 0、外部から設定された光信号の出力強度 7 0 7 を記憶する出力レベル設定部 7 0 4、外部から設定された光信号の利得傾斜 7 0 8 を記憶する利得傾斜設定部 7 1 3、狭帯域光フィルタ 7 1 1 を用いて取り出されたある波長のプローブ信号光を、光強度モニタ B 7 1 6 を用いて光－電気変換した信号 P_{n_prob} 7 1 2、光強度モニタ A 7 1 7 を用いて光出力信号 7 0 6 を光－電気変換した信号 P_{n_total} 7 1 5、利得傾斜設定部 7 1 3 の出力と光強度モニタ B 7 1 6 の出力を比較する比較器 B 7 0 9、出力信号 7 0 6 を光強度モニタ A 7 1 7 を用いて光－電気変換された信号 7 1 5 と目標出力レベル設定部 7 0 4 の両者の光出力強度を比較する比較器 A 7 0 2 とからなる。

【 0 0 2 8 】

ここで、図 8 より各帯域（B、R、L 1、L 2）のトータル光強度、B バンドトータル光強度 8 1 0、R バンドトータル光強度 8 1 1、L 1 バンドトータル光強度 8 1 2、L 2 バンドトータル光強度 8 1 3 を各帯域に収容される波長数で割った各帯域毎の平均光強度、B バンド平均光強度 8 0 6、R バンド平均光強度 8 0 7、L 1 バンド平均光強度 8 0 8、L 2 バンド平均光強度 8 0 9 と各帯域毎のプローブ信号光、B バンドプローブ信号光 8 1 4、R バンドプローブ信号光 8 1 5、L 1 バンドプローブ信号光 8 1 6、L 2 バンドプローブ信号光 8 1 7 とを比較することにより、出力側の帯域間利得偏差、B バンドー R バンド帯域間利得偏差 8 0 2、R バンドー L 1 バンド帯域間利得偏差 8 0 4、L 1 バンドー L 2 バンド帯域間利得偏差 8 0 5 や帯域内利得偏差、B バンド帯域内利得偏差 8 1 8、R バンド帯域内利得偏差 8 1 9、L 1 バンド帯域内利得偏差 8 2 0、L 2 バンド帯域

内利得偏差 8 2 1 を同時に検出することができる。

また、光アンプ 7 0 0 には出力信号 7 0 6 を可変できる機構、例えば図 9 に示すように光アンプ搭載の EDF 9 0 1 を励起するための励起 LD 9 0 2 を制御する方法や図 1 0 に示すように光アンプ搭載の可変アッテネータ (ATT) 1 0 0 1 を制御する方法が搭載されている。

【 0 0 2 9 】

また、増幅帯域内の出力強度の波長に対する偏差を可変制御できる機構、例えば図 1 1 に示すように、利得傾斜器 1 1 0 1 を用いて光アンプの利得傾斜を制御する方法が搭載されている。すなわち、図 1 6 において 1 6 0 1 は利得傾斜特性を信号波長 (周波数) に対してフラットにした場合であり、1 6 0 2、1 6 0 3 は長波長側の光出力強度を短波長側に比べて大きくしたものである。また、1 6 0 4、1 6 0 5 はその逆の特性に設定した場合である。

【 0 0 3 0 】

出力レベル制御部 7 0 3 は、比較器 A 7 0 2 からの比較結果に基づき、光出力信号 7 0 6 の光出力強度が出力レベル設定部 7 0 4 の値と同じになるように自動的に制御される。

【 0 0 3 1 】

利得傾斜制御部 7 1 0 は、比較器 B 7 0 9 からの比較結果に基づき、プローブ光信号強度 7 1 2 が利得傾斜設定部 7 1 3 と同じになるように自動的に制御される。また、前記比較結果が逆の場合でも同様に検出された差分を打ち消すように制御を行う。

【 0 0 3 2 】

図 7 に示す構成を用いた本発明の第 1 の実施例として、伝送路の伝送損失がスパン毎に異なることにより発生する、図 3 における各アンプ (プリアンプ 1 0 3、ラインアンプ 2 0 3、ポストアンプ 3 0 3) で発生した波長間利得偏差や SRS による波長間レベル偏差を抑圧する方法、およびその効果を説明する。

【 0 0 3 3 】

出力レベル 7 0 6 は、外部から設定された出力強度 7 0 7 を記憶している出力レベル設定部 7 0 4 からの情報に基づいて、出力レベル制御部 7 0 3 を制御する

ことより所望の光出力レベル 7 0 6 に制御される。

【 0 0 3 4 】

利得傾斜は光強度モニタ A 7 1 7 を、光アンプ 7 0 0 に収容されている波長数で割った値（平均光強度 8 0 1）と光強度モニタ B 7 1 6 からの出力 7 1 2 が同じになるように利得傾斜設定部 7 1 3 を設定することにより、光アンプ 7 0 0 に収容されている全帯域に渡って均一な光強度が得られるとする。すなわち、

【 0 0 3 5 】

【数 1】

$$(\text{平均光強度}708) = (\text{トータル光強度}715) / (\text{収容波長数})$$

となる。

【 0 0 3 6 】

図 5 は光ファイバに入力される波長帯域が狭く、波長数も少ない場合に S R S による影響が無視できる場合の、第 1 の実施例での各観測ポイントにおける、信号および雑音の出力スペクトルを示しており、図 4 に示すように、全体がトータル光出力強度、上部が信号強度、下部が雑音強度を示す。

【 0 0 3 7 】

また、図 5 において各スペクトルの左上の数字（1 2 0（1）～（4）、2 2 0（1）～（4）、2 3 0（1）～（4）、3 3 0（1）～（4））は、図 2 に同一の符号と矢印にて示す観測ポイントに対応している。プリアンプ 1 0 3（1）～（4）から出力された段階でのスペクトルは、1 2 0（1）～（4）のように各帯域のアンプ毎に同じ特性を示す。

【 0 0 3 8 】

しかし、スパン毎に伝送路 4 0 0 の伝送損失が異なることによる各光アンプへの入力レベルの違いから発生する利得偏差のため、各波長毎の信号レベル偏差は抑圧されてはいるが、ラインアンプ 2 0 3 出力後では 2 2 0（1）～（4）に見られない O S N R 偏差が、2 3 0（1）～（4）や 2 4 0（1）～（4）に示すように発生し、帯域内の各波長毎に異なる O S N R が得られる。

【 0 0 3 9 】

図 6 は光ファイバに入力される波長帯域が広く、波長数も多い場合に S R S による影響が無視できない場合の影響を考慮した場合の、第 1 の実施例での各観測ポイントにおける、信号および雑音の出力スペクトルを示している。スパン毎に伝送路 4 0 0 の伝送損失が異なることによる各光アンプへの入力レベルの違いから発生する利得偏差と伝送路 4 0 0 (1) を伝搬中に現れる S R S による影響が絡み合い、伝送後のスペクトルは、各波長毎の信号レベル偏差は抑圧されてはいるが、ラインアンプ 2 0 3 出力後では図 5 の 2 2 0 (1) ~ (4) や 2 4 0 (1) ~ (4) に示すような O S N R 偏差に比べて、長波側 (右側) で改善、短波側 (左側) 劣化した特性が得られる。

【 0 0 4 0 】

プリアンプ 1 0 3 出力後の特性 1 2 0 (1) ~ (4) は、利得偏差や S R S の影響がないため、O S N R に波長依存性は見られない。しかし、より後段の光ファイバやラインアンプ、ポストアンプ出力後では、帯域内あるいは帯域間において O S N R の偏差が大きい。このため、光受信器 3 0 7 では波長毎に伝送特性が異なる。これは、各光アンプでは信号成分も雑音成分も一括して増幅されるため、出力強度が低下した波長では、アンプの出力強度等価機能によって、相対的に雑音成分が増加するからである。

【 0 0 4 1 】

本実施例では全てのスパン ($K = 1 \sim k - 1$) に対して光出力を制御するように説明したが、必ずしもその必要はない。すなわち、補償すべき信号レベルの偏差量がさほど多くなければ、ある特定のスパンにおける光アンプの出力強度調整のみで信号レベル偏差は補償可能である。

【 0 0 4 2 】

次に、本発明の第 2 の実施例として、S R S による影響を低減できる方法を示す。

図 1 2 に示すように、偏差テーブル 1 2 0 1 の情報に基づき、7 0 7 から所望の出力レベルになるように出力レベル設定部 7 0 4 に設定する。

また、利得傾斜は偏差テーブル 1 2 0 1 の情報に基づき、7 0 8 から所望の利得傾斜になるように利得傾斜設定部 7 1 3 に設定する。

【0043】

図13は、光アンプ700に入力される入力光強度とその増幅帯域内に含まれるある信号波長のプローブ光信号強度を別々にモニタする機能、さらに出力される出力光強度とその増幅帯域内に含まれるある信号波長のプローブ光信号強度を別々にモニタし、さらにその増幅帯域の出力光強度と、その増幅帯域内の出力強度の波長に対する偏差とを同時に可変制御可能である機能を説明する図である。

【0044】

光アンプ700は、光入力信号705を増幅して光出力信号706として出力するアンプ701、アンプ701の出力強度を制御する出力レベル制御部703、アンプ701の利得傾斜を制御する利得傾斜制御部710、外部から設定された光信号の出力強度707を記憶する出力レベル設定部704、外部から設定された光信号の利得傾斜708を記憶する利得傾斜設定部713、狭帯域光フィルタ711を用いて取り出されたある波長の出力プローブ信号光を、光強度モニタB716を用いて光-電気変換した信号Pn__prob712、光強度モニタA717を用いて光出力信号706を光-電気変換した信号Pn__total715、利得傾斜設定部713の出力と光強度モニタB716の出力を比較する比較器B709、出力信号706を光強度モニタA717を用いて光-電気変換された信号715と目標出力レベル設定部704の両者の光出力強度を比較する比較器A702とからなる。また、狭帯域光フィルタ720を用いて取り出されたある波長の入力プローブ信号光を、光強度モニタC721を用いて光-電気変換した信号Pn__prob'718、入力光強度705を光強度モニタD722を用いて光-電気変換した信号Pn__total'719からなる。

【0045】

ここで、図8より各帯域(B、R、L1、L2)のトータル光強度、Bバンドトータル光強度810、Rバンドトータル光強度811、L1バンドトータル光強度812、L2バンドトータル光強度813を各帯域に収容される波長数で割った各帯域毎の平均光強度、Bバンド平均光強度806、Rバンド平均光強度807、L1バンド平均光強度808、L2バンド平均光強度809と各帯域毎のプローブ信号光、Bバンドプローブ信号光814、Rバンドプローブ信号光815

、L1バンドプロープ信号光816、L2バンドプロープ信号光817とを比較することにより、出力側の帯域間利得偏差、BバンドーRバンド帯域間利得偏差802、RバンドーL1バンド帯域間利得偏差804、L1バンドーL2バンド帯域間利得偏差805や帯域内利得偏差、Bバンド帯域内利得偏差818、Rバンド帯域内利得偏差819、L1バンド帯域内利得偏差820、L2バンド帯域内利得偏差821を同時に検出することができる。

光アンプ700には出力信号706を可変できる機構、例えば図10に示すように光アンプ搭載の可変アッテネータ(ATT)1001を制御する方法が搭載されている。

【0046】

また、増幅帯域内の出力強度の波長に対する偏差を可変制御できる機構、例えば図11に示すように、利得傾斜器1101を用いて光アンプの利得傾斜を制御する方法が搭載されている。すなわち、図16において1601は利得傾斜特性を信号波長(周波数)に対してフラットにした場合であり、1602、1603は長波長側の光出力強度を短波長側に比べて大きくしたものである。また、1604、1605はその逆の特性に設定した場合である。

【0047】

さらに、増幅帯域内の出力強度の波長に対する偏差や出力信号706を同時に可変できる機構、例えば図9に示すように光アンプ搭載のEDF901を励起するための励起LD902を制御する方法が搭載されている。

【0048】

図13に示す構成を用いた本発明の第3の実施例として、伝送路の伝送損失がスパン毎に異なることにより発生する、図3における各アンプ(プリアンプ103、ラインアンプ203、ポストアンプ303)で発生した波長間利得偏差やSRSによる波長間レベル偏差にOSNR偏差を抑圧する方法、およびその効果を説明する。

【0049】

図14に本発明の第3の実施例での制御方法を述べる。本制御方法は図3のプリアンプ103、ラインアンプ203に対して適用される。制御対象光アンプ7

00が搭載されているWDMシステム1403のトータル出力強度制御、利得傾斜制御は、トータル入力強度 Pn_total 715とプローブ光入力強度 Pn_prob 712、さらに伝送路400を挟んだ後方にあるWDMシステム1404のトータル入力強度 Pn_total' 719とプローブ光入力強度 Pn_prob' 718とを用いて演算器1401にて、制御信号707、708に変換され、それぞれ出力レベル設定部704、利得傾斜設定部713に設定される。

【0050】

ここで、後方にあるWDMシステム1404のトータル入力強度 Pn_total' 719とプローブ光入力強度 Pn_prob' 718は該当スパンの逆方向に伝搬するファイバ1402の中にOSC (Optical Service Channel) 光に乗せかえられて伝送される。

【0051】

また、演算器1401での出力レベル制御部は、光ファイバに収容される全てのバンド帯域のトータル出力強度が一定、すなわち、

【0052】

【数2】

$$\sum_{n=1}^N Pn_total = (\text{一定})$$

かつ、各バンド毎のトータル出力強度 Pn_total ($n=1, 2, \dots, N$)、対象光アンプの後段に接続されている光アンプのトータル入力強度 Pn_total ($n=1, 2, \dots, N$)を用いて演算を行い、

【0053】

【数3】

$$\begin{aligned} & P1_total + P1_total' \\ &= P2_total + P2_total' \\ &= P3_total + P3_total' \\ &= \dots \\ &= Pn_total + Pn_total' \end{aligned}$$

となるように制御を行う。

また、利得傾斜制御部は、制御対象光アンプ直後の光アンプ入力部に備えられた、トータル入力強度 Pn_total とプローブ光入力 Pn_prob を用いて演算を行い、

【0054】

【数4】

$$\begin{aligned} & (Pn_total + Pn_total') / (\text{波長数}) \\ & = Pn_prob + Pn_prob' \\ & \quad (\text{ただし、} n = 1, 2, \dots, N) \end{aligned}$$

となるように、対象光アンプの利得傾斜を制御する。

【0055】

また、次の制御方法は図3のポストアンプに対して適用される。

【0056】

【数5】

$$P1_total = P2_total = P3_total = P4_total$$

【数6】

$$\begin{aligned} & Pn_prob = Pn_total / (\text{収容波長数}) \\ & \quad (\text{ただし、} n = 1, 2, \dots, N) \end{aligned}$$

図15は本実施例で説明したSRS偏差等化方法の効果を説明するものであり、図2の各観測ポイントにおける出力強度のスペクトルの一例を示したものである。最終のポストアンプの出力において光SNRが各帯域間で同一となるよう、途中の出力強度に偏差を設けている。その結果、光SNRの帯域内偏差や帯域間偏差が補償され、目的が達成されていることが分かる。

【0057】

なお、本実施例1、2、3では、WDM装置に収容される波長帯域毎に、別々の光アンプで増幅するシステムについて説明したが、収容される波長がすべて

同じ光アンプで増幅されるシステムにおいても、収容される波長数、波長に応じて、全ての光アンプ、もしくはある一定間隔毎の光アンプに対して、SRSによる影響を考慮した波長間利得偏差を設けることで、波長間の光レベル偏差、OSNR偏差を低減することが出来る。

【 0 0 5 8 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば各スパン毎の伝送損失が異なることにより各光アンプで発生する波長間利得偏差や誘導ラマン散乱に起因する波長間レベル偏差に起因する、光レベル偏差や光SNRの帯域内偏差や帯域間偏差を補償する光伝送装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

各スパンにおいて損失が異なることにより発生する波長間利得偏差を説明するブロック図である。

【図 2】

SRSによる波長間レベル偏差を説明する図である。

【図 3】

WDM装置の構成を示すブロック図である。

【図 4】

スペクトルを説明する図である。

【図 5】

波長間利得偏差による影響を説明する信号のスペクトルを示す図である。

【図 6】

波長間レベル偏差による影響を説明する信号のスペクトルを示す図である。

【図 7】

本発明で用いる出力強度調整機能付光アンプの構成を示す図である。

【図 8】

帯域間利得偏差、帯域内利得偏差、平均光強度、プローブ光強度を説明する図である。

【図 9】

出力レベル可変機能を実現するアンプの構成を示す図である。

【図 1 0】

出力レベル可変機能を実現するアンプの構成を示す図である。

【図 1 1】

利得傾斜可変機能を実現するアンプの構成を示す図である。

【図 1 2】

S R S による影響を低減する偏差テーブルを示す図である。

【図 1 3】

本発明で用いる出力強度調整機能付光アンプの構成を示す図である。

【図 1 4】

本発明の第 3 の実施例での制御方法を説明するブロック図である。

【図 1 5】

本実施例で説明した S R S 偏差等化方法の効果を説明する信号のスペクトルを示す図である。

【図 1 6】

利得傾斜特性を説明する図である。

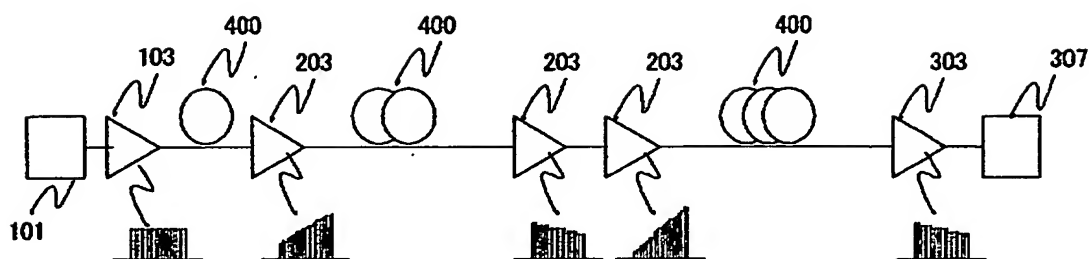
【符号の説明】

7 0 0 … 光アンプ、7 0 1 … アンプ、7 0 2 … 比較器 A、7 0 3 … 出力レベル制御部、7 0 4 … 目標出力レベル設定部、7 0 5 … 入力光強度、7 0 6 … 光出力信号、7 0 7 … 制御信号、7 0 8 … 制御信号、7 0 9 … 比較器 B、7 1 0 … 利得傾斜制御部、7 1 1 … 狭帯域光フィルタ、7 1 2 … P_{n_prob} 、7 1 3 … 利得傾斜設定部、7 1 4 … 出力プローブ光信号強度、7 1 5 … 光—電気変換された信号、7 1 6 … 光強度モニタ B、7 1 7 … 光強度モニタ A、7 1 8 … $P_{n_prob'}$ 、7 1 9 … $P_{n_total'}$ 、7 2 0 … 狭帯域光フィルタ、7 2 1 … 光強度モニタ C、7 2 2 … 光強度モニタ D

【書類名】 図面

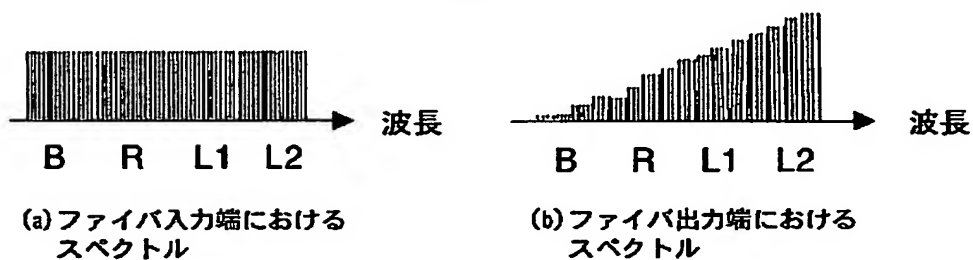
【図 1】

図 1

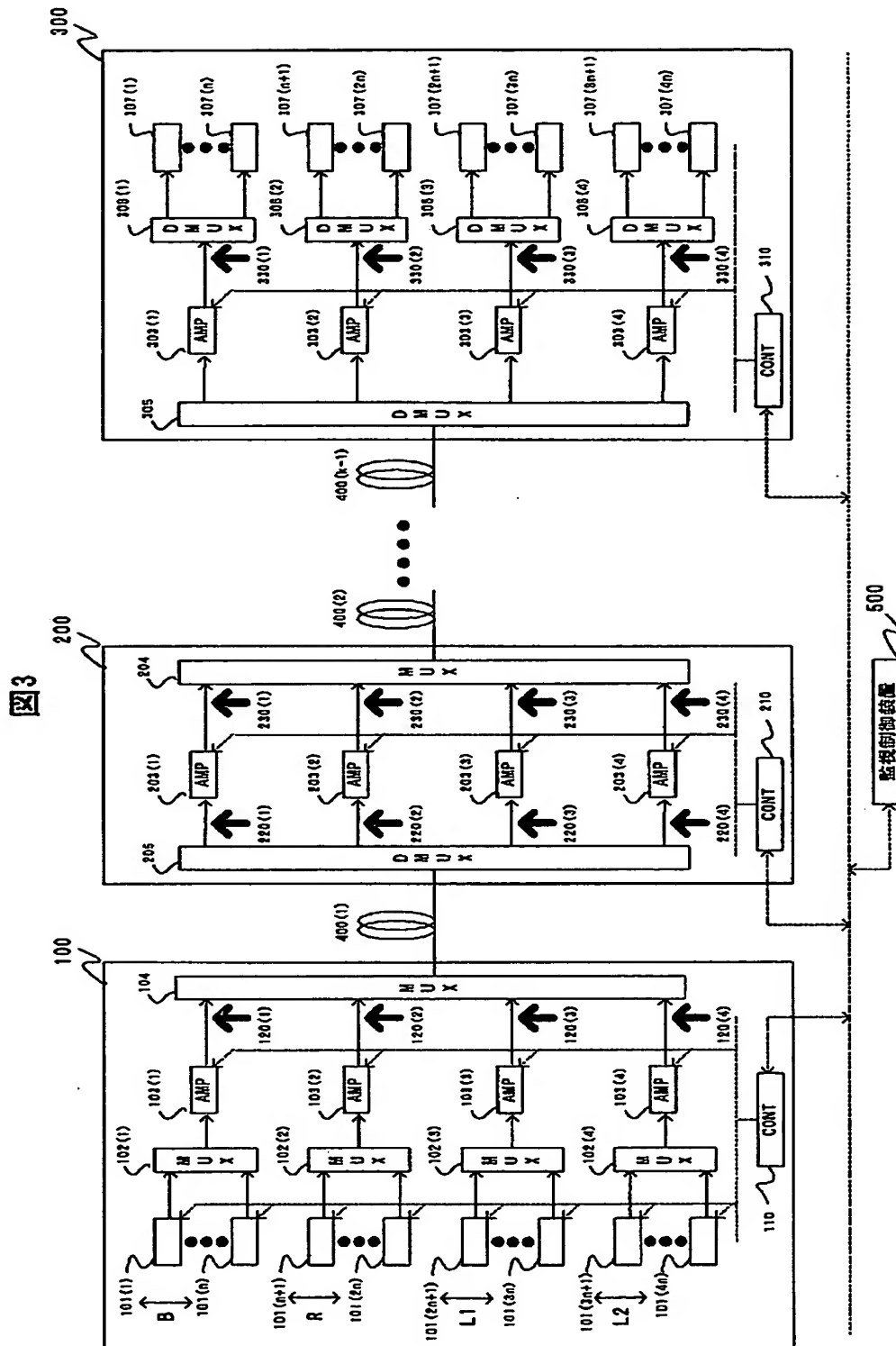


【図 2】

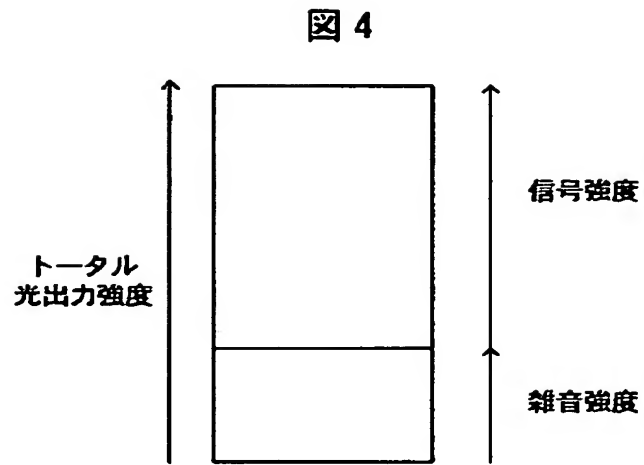
図 2



【図 3】
















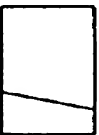


【図 4】



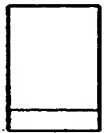
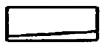

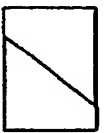

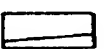
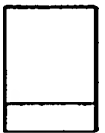
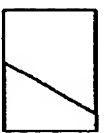
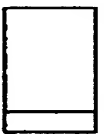
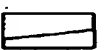
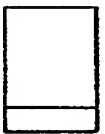
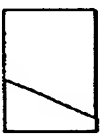

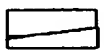
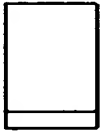
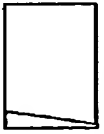
【図 5】

図5

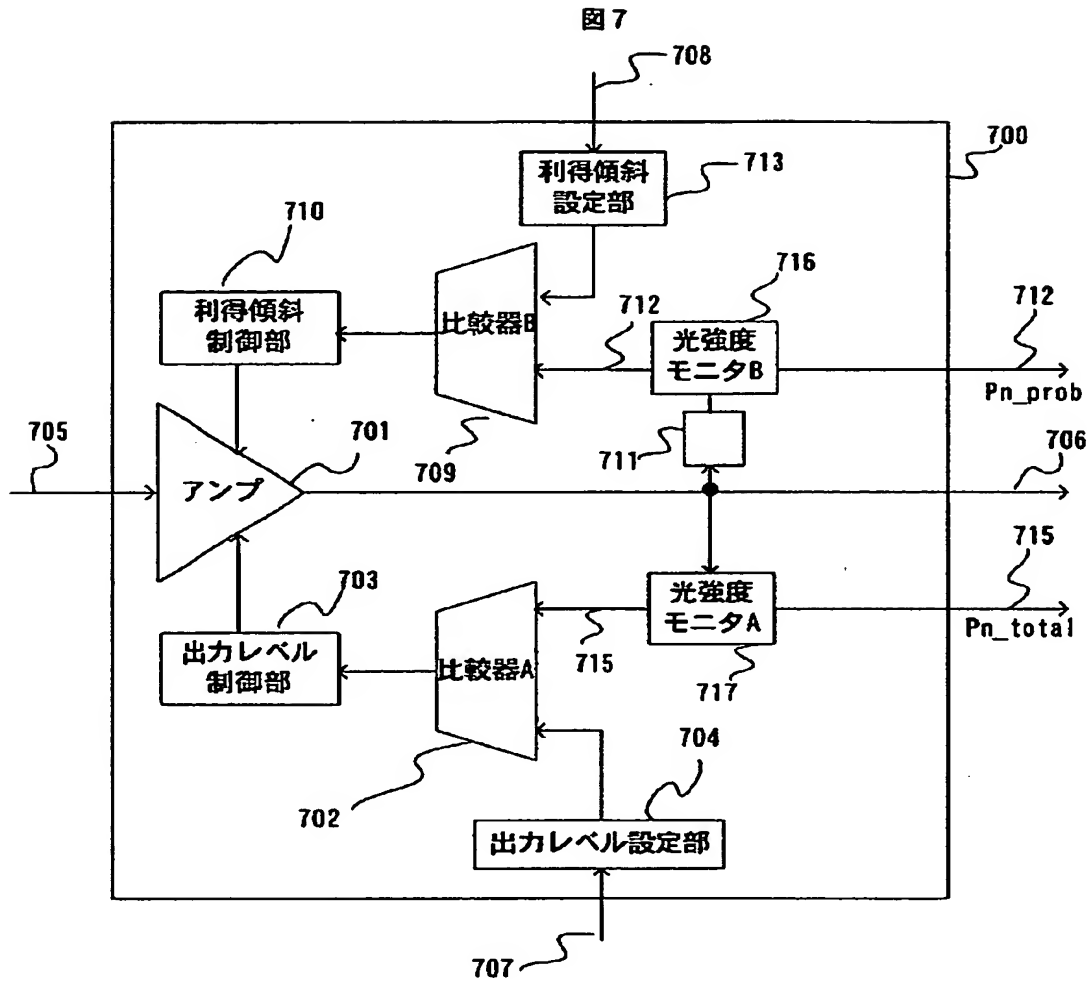
| プリアンプ103 出力後のスペクトル | ファイバ400(1)送信 後のスペクトル | ラインアンプ203 出力後のスペクトル | ポストアンプ303 出力後のスペクトル |
|--|--|--|--|
| 120 (1)  | 220 (1)  | 230 (1)  | 330 (1)  |
| 120 (2)  | 220 (2)  | 230 (2)  | 330 (2)  |
| 120 (3)  | 220 (3)  | 230 (3)  | 330 (3)  |
| 120 (4)  | 220 (4)  | 230 (4)  | 330 (4)  |

【図 6】

図6

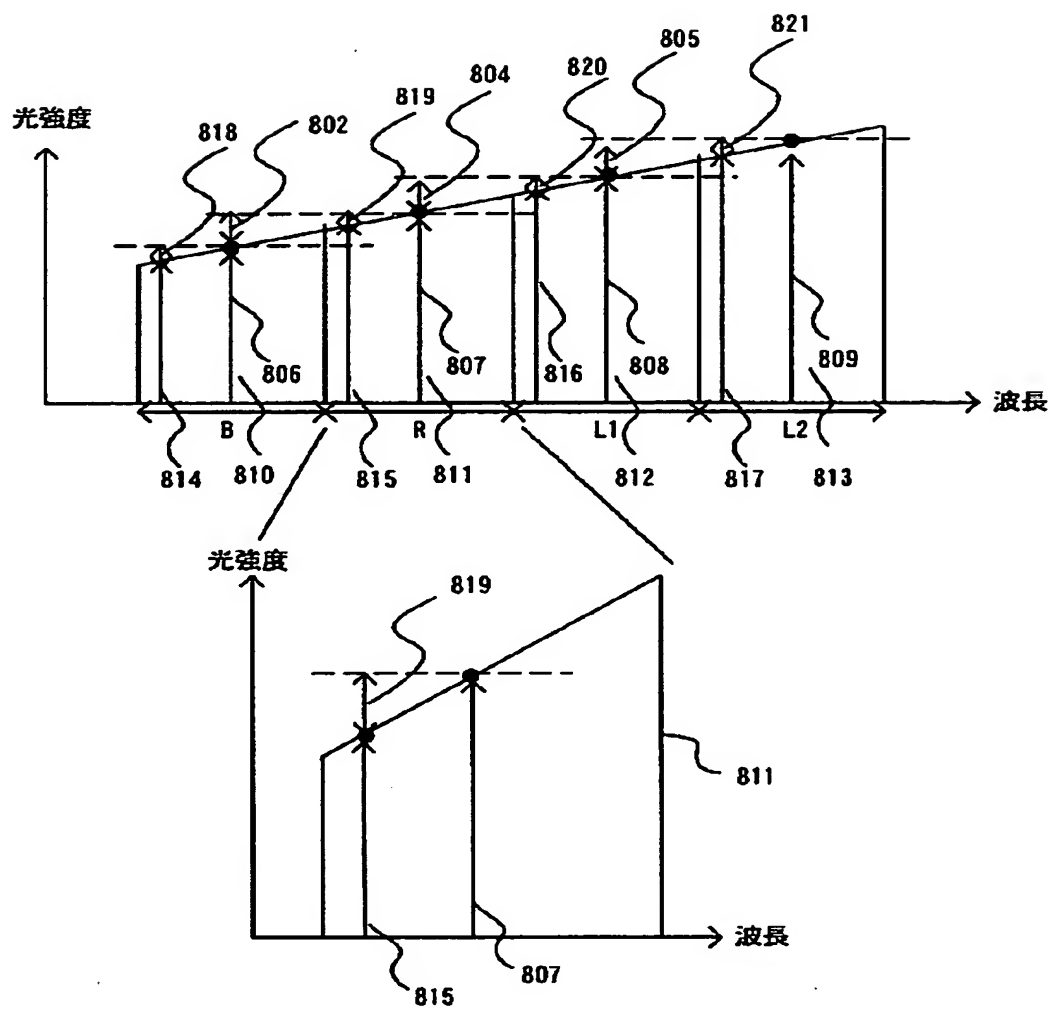
| プリアンプ103 出力後のスペクトル | ファイバ400(1)送信 後のスペクトル | ラインアンプ203 出力後のスペクトル | ポストアンプ303 出力後のスペクトル |
|---|---|---|---|
| 120(1)  | 220(1)  | 230(1)  | 330(1)  |
| 120(2)  | 220(2)  | 230(2)  | 330(2)  |
| 120(3)  | 220(3)  | 230(3)  | 330(3)  |
| 120(4)  | 220(4)  | 230(4)  | 330(4)  |

【図 7】



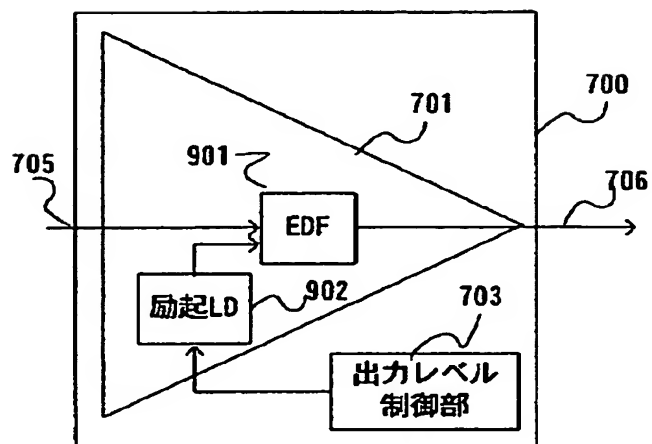
【図 8】

図8



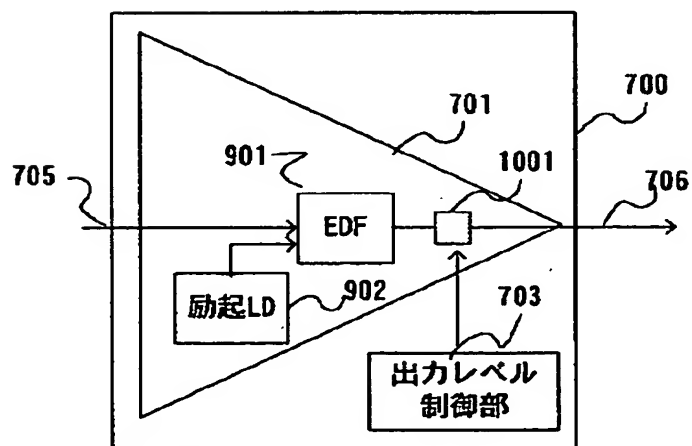
【図 9】

図9



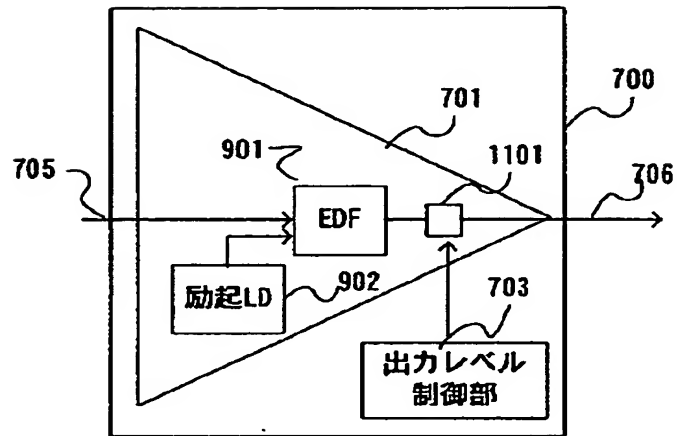
【図 10】

図10



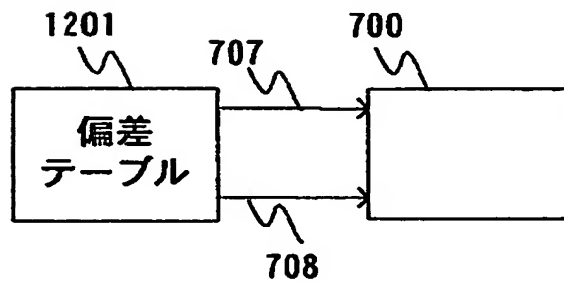
【図 1 1】

図11

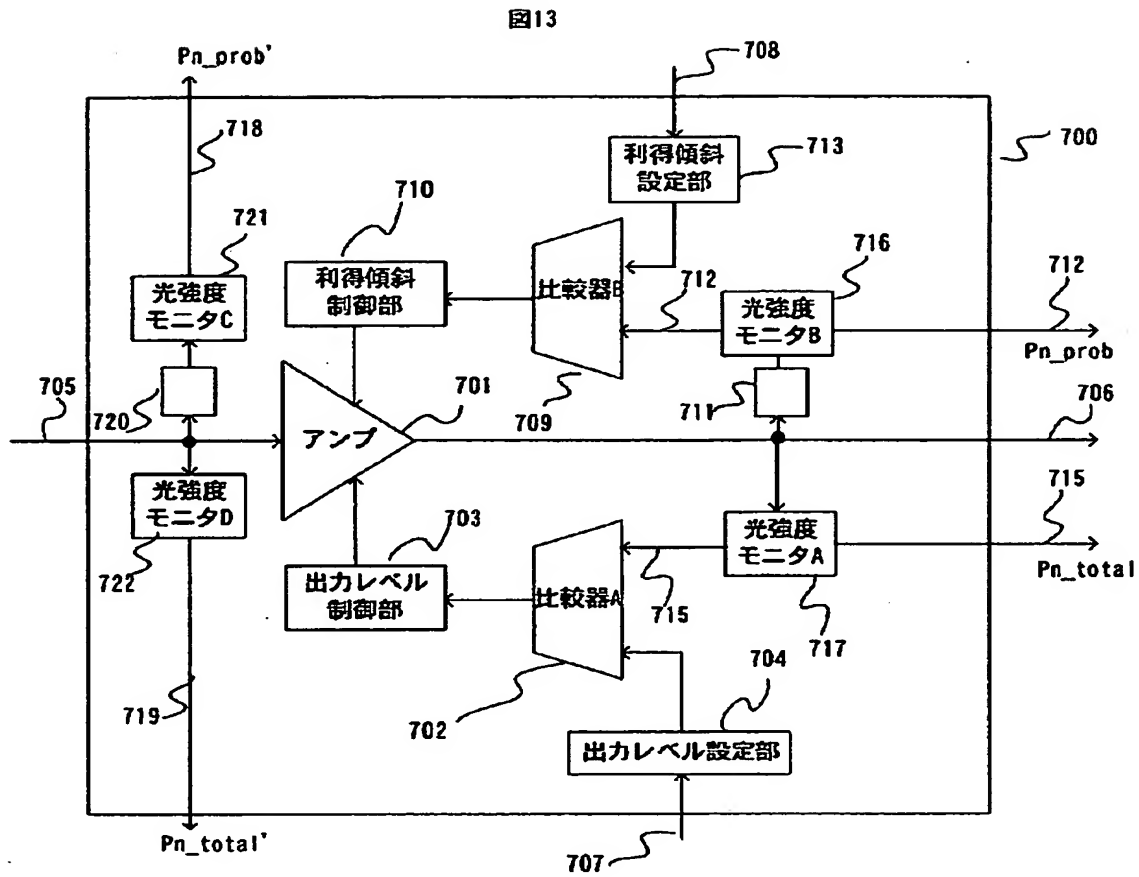


【図 1 2】

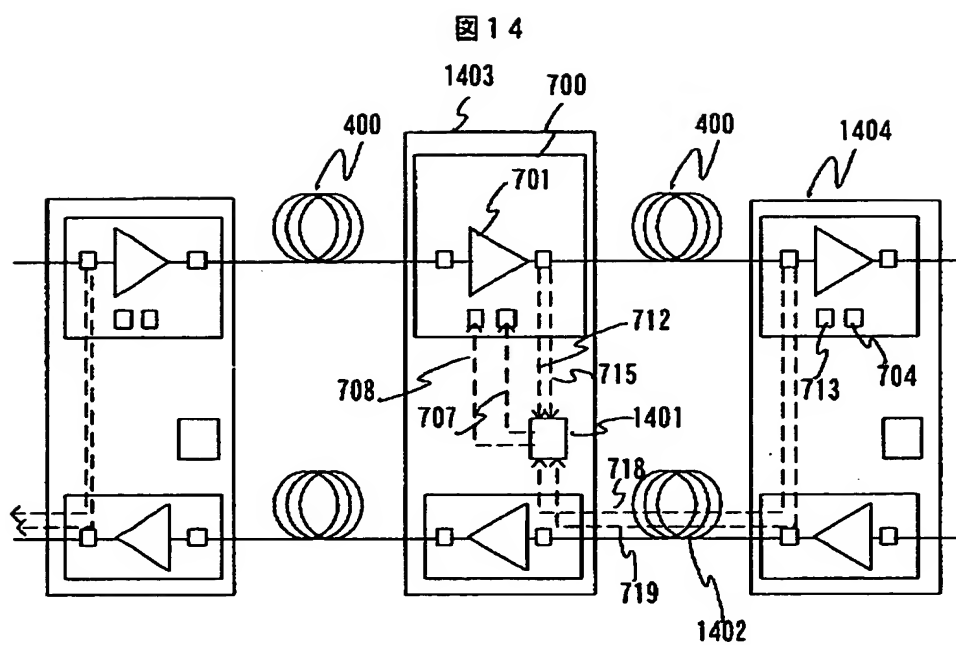
図12



【図 13】

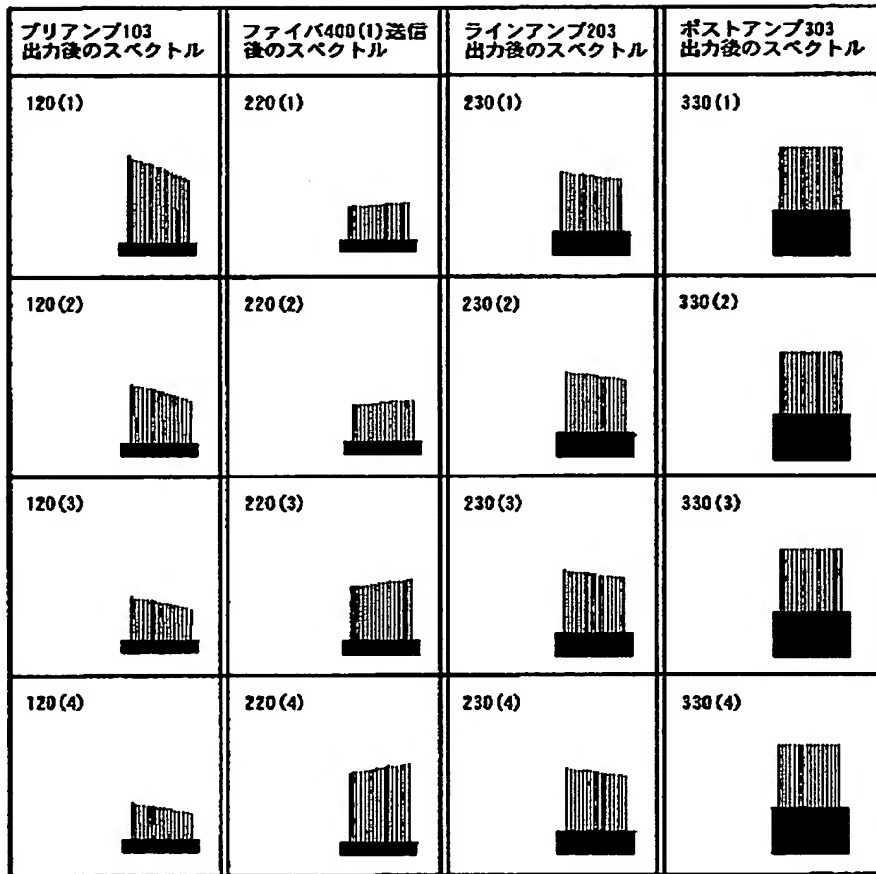


【図 14】

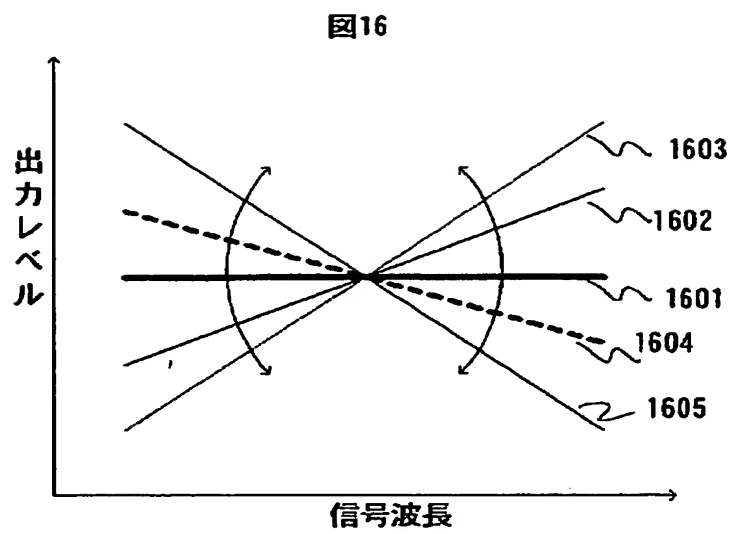


【図 1 5】

図15



【図 1 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

本発明では各スパン毎の伝送損失が異なることにより各光アンプで発生する波長間利得偏差、光信号がファイバ伝送中に受ける誘導ラマン散乱による波長間レベル偏差を補償すること、更に具体的な装置構成方法を提供することを目的とする。

【解決手段】

各光アンプには、出力されるトータル出力光強度とその増幅帯域内に含まれるプローブ光信号強度を別々にモニタし、さらにその増幅帯域のトータル出力光強度と、その増幅帯域内の出力強度の波長に対する偏差（利得傾斜）とを同時に可変制御可能である機能を持たせた。さらに、受信されるトータル入力光強度とその受信帯域内に含まれるある信号波長のプローブ光信号強度を別々に観測し、受信帯域内の入力強度の波長に対する偏差をも観測可能である機能を持たせた。

【選択図】 図 1 3

特 2 0 0 1 - 1 6 7 6 0 9

認 定 ・ 付 加 情 報

| | |
|---------|--------------------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2 0 0 1 - 1 6 7 6 0 9 |
| 受付番号 | 5 0 1 0 0 7 9 8 9 8 9 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第七担当上席 0 0 9 6 |
| 作成日 | 平成 1 3 年 6 月 5 日 |

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成13年 6月 4日

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

| | |
|----------|--------------------|
| 1. 変更年月日 | 1990年 8月31日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地 |
| 氏 名 | 株式会社日立製作所 |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.